

**Karel KUBEČKA<sup>1</sup>**

**UPLATNĚNÍ RIZIKOVÉ ANALÝZY V ROZHODOVACÍM PROCESU  
STAVEBNÍ ČINNOSTI**

**Abstract**

Každá lidská činnost je zatížena určitým stupněm rizika [9]. V činnosti souhrnně nazývanou jako „stavebnictví“ se potýkáme s celou řadou rizik [8]. Rizikem stavby v převážné míře rozumíme možné riziko technického charakteru.

Toto riziko vnímáme jako míru nebezpečí úrazu, vzniku škody nebo poruchy různě, zpravidla podle oboru lidské činnosti. Ve stavebnictví je míra rizika, neboli pravděpodobnost vzniku škody nebo poruch na stavebních konstrukcích eliminována příslušnými normativními předpisy, to znamená, že tato míra rizika je z převážné části pokryta normovými ustanoveními, jejichž dodržování zajišťuje eliminaci pravděpodobných rizik na společensky a ekonomicky přijatelnou úroveň, nebo je při dodržení ustanovení norem pokrývá zcela [7].

Pokud jakýmkoli relevantním způsobem vyjádříme riziko, pak toto riziko je jakýmsi identifikátorem – známkou stavebního objektu a jsme schopni s ním dále pracovat. Pokud máme úkol sesřadit pořadí objektů v dané lokalitě a stojíme před rozhodnutím určit pořadí objektů pro sanaci a na druhé straně pro provedení demolice, pak je užítí rizikové analýzy relevantním rozhodovacím nástrojem.

## **1 ÚVOD**

Rizikové inženýrství [risk engineering] a management rizika [risk management] jsou dvě velice úzce vzájemně provázané disciplíny lišící se náplní a cíly. Rizikové inženýrství přejímá od managementu rizika podněty a požadavky, následně pak analyzuje rizika. Management rizika s těmito riziky následně pracuje a ovládá je.

Riziková analýza [risk assessment] a management, tedy ovládání rizika, je poměrně nový, dynamicky rozvíjející se obor, který se stal zejména v zahraničí nedílnou součástí manažerských rozhodovacích procesů. Zabývá se mimo jiné získáváním a zpracováváním informací o možných nebezpečích, hrozbách ale i příležitostech, na základě kterých je následně možné provádět zodpovědnější, informovanější rozhodnutí. Riziková analýza je tak procesem, který shromažďuje a zpracovává informace pro následný management rizik.

V tomto příspěvku je využito poznatků rizikové analýzy a jejích nástrojů, které jsou zejména používány v předinvestiční, tj. přípravné fázi výstavbového projektu. Tyto nástroje jsou dále aplikovány do provozní fáze stavby, tj. fáze užívání a následně až do ukončení životnosti stavby, včetně jejich případných havárií. Uváděné nástroje jsou zde aplikovány do expertní činnosti, která se zabývá vadami a poruchami staveb a současně také do rozhodovacího procesu o další existenci stavby nebo případném rozhodnutí o její sanaci.

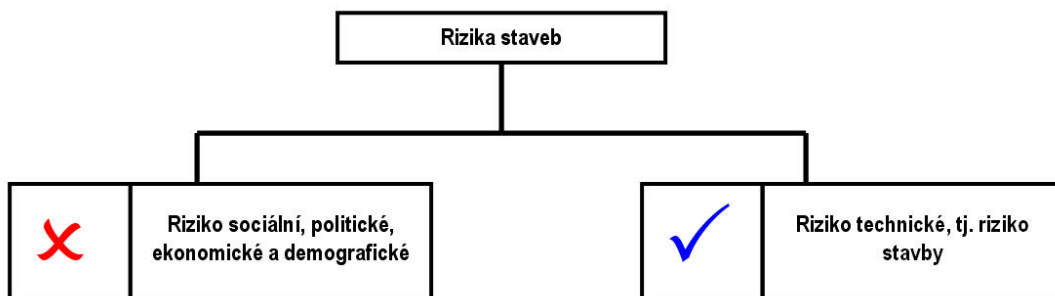
## **2 RIZIKA STAVEB**

Každá lidská činnost je zatížena určitým stupněm rizika [9]. V činnosti souhrnně nazývanou jako „stavebnictví“ se potýkáme s celou řadou rizik [8]. Tato rizika vyplývají například ze sociálních podmínek daného regionu, demografického složení obyvatelstva regionu apod.. Například chybný

---

<sup>1</sup> Ing. Karel Kubečka, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 343, e-mail: karel.kubecka@vsb.cz.

průzkum trhu související s kupní silou obyvatelstva, tedy chybně vypracovaná ekonomická studie může zapříčinit výstavbu nákupního centra v místech, kde není dostatečná kupní síla obyvatel (*Vývojový diagram 1*). Pak tato investice může být zmařená.



**Vývojový diagram 1: Základní dělení rizik**

Rizikem stavby v převážné míře rozumíme možné riziko technického charakteru (*Vývojový diagram 1*). Toto riziko vnímáme jako míru nebezpečí úrazu, vzniku škody nebo poruchy různě, zpravidla podle oboru lidské činnosti. Ve stavebnictví je míra rizika, neboli pravděpodobnost vzniku škody nebo poruch na stavebních konstrukcích eliminována příslušnými normativními předpisy, to znamená, že tato míra rizika je z převážné části pokryta normovými ustanoveními, jejichž dodržování zajišťuje eliminaci pravděpodobných rizik na společensky a ekonomicky přijatelnou úroveň, nebo je při dodržení ustanovení norem pokrývá zcela, například jak je tomu u dimenzování nosných konstrukcí staveb.

Přes všechna technická a legislativní opatření dochází k výskytu vad a následně poruch staveb. Množství těchto vad a poruch není zejména ekonomicky zanedbatelné, proto jsou hledány metody [1] mající za úkol pojmenovat příčiny těchto vad a poruch a to i přesto, že při činnosti související se stavbou jsou veškeré normativní i související podmínky splněny. Je tedy snahou riziko staveb ještě více eliminovat na ekonomicky přijatelnou míru, nebo jej zcela odstranit.

Myšlenka snížení rizika spolu s eliminací vad a poruch staveb není nová a do popředí se dostala po roce 1980 [13] s nástupem nové generace materiálů podporující prefabrikaci v našem stavebnictví, zejména materiálů odstraňující sezónnost stavebního procesu. V souvislosti s touto myšlenkou vystoupil do popředí nový pojem „Patologie staveb“ [13]. Tento pojem reprezentuje vědní obor, který se zabývá systematickými vadami a poruchami staveb a jejich haváriemi. Jako nezbytné je systematické sledování těchto jevů, zatřídění [12] a zobecnění a následná analýza vedoucí k poznání podmínek pro snížení daného rizika.

V praxi jsou poruch vždy neodmyslitelně spjaty s otázkou škody, výše škody a její náhradou. Stanovit výši škody je pak věcí daného postupu a metodiky. Právě prostředky rizikové analýzy nám dávají velmi jednoduchou možnost výši škody stanovit s různou přesností nezávisle na čase (stáří) stavebního objektu.

### 3 UŽITÍ RIZIKOVÉ ANALÝZY V PRAXI

Rozhodnout kvalifikovaně o stavebně technickém a statickém stavu objektu lze různě z pohledu určitého stupně znalostí věci, tedy informací o předmětné stavbě. Zatímco přesného výsledku lze docílit po zhotovení projektové dokumentace a návazně pak po vyhotovení položkového rozpočtu, orientační stanovisko může být výsledkem například vizuální prohlídky na místě samém. Platí přitom zásada, že přesné stanovisko je z ekonomického pohledu velmi náročné. Provedení projektu a následně rozpočtu pro případnou sanaci objektu reprezentuje mimo jiné stavebně technický a statický průzkum doprovázený provedením sond a laboratorních zkoušek vlastností a pevností stavebního materiálu. Naproti tomu „velmi levně“ vyjde posouzení na základě prohlídky, kdy je uplatněno zejména zkušeností toho, kdo prohlídku (a následně vyhodnocení) provádí a pozorovatelných průvodních znaků poruch stávajícího objektu.

Jednou z univerzálních metod používaných pro rozhodování je riziková analýza [1]. Jedná se o metodu, kterou podvědomě užíváme v běžném každodenním životě všichni – podle svého zaměření v různých podobách a různém rozsahu. Stavebnictví není výjimkou, přičemž pro vyhodnocení je pak volena vhodná metoda [1]. V popisovaném případě se v zásadě jedná o metody SAFMEA (Statistická vícekritériální analýza způsobů a následků poruch) nebo UMRA pracující pomocí univerzální matice rizikové analýzy. Za zmínku snad ještě stojí skutečnost, že oblast rizikové analýzy, jako součást rizikového inženýrství, je nejvíce propracována v bankovníctví.

Následně je uvedeno praktickém užitím metody UMRA (Univerzální matice rizikové analýzy) – [Universal Matrix of Risk Analysis] při rozhodování v procesu sanací bytových domů v lokalitě Nová Osada v Ostravě. Příspěvek vychází z praktického případu řešeného pro Úřad městského obvodu Slezská Ostrava, kdy bylo úkolem vytipovat objekty vhodné pro sanaci a označit objekty, u kterých sanace není ekonomicky odůvodnitelná a jsou potencionálně určeny k demolicí.

### 3.1 Názvosloví

**Porucha** je jev spočívající v ukončení schopnosti výrobku plnit požadovanou funkci podle technických podmínek. Porucha je tady projevem vady. U stavebních konstrukcí je porucha změna konstrukce proti původnímu stavu, vyvolaná zatěžujícími účinky a vlivy ve stadiu realizace a užívání, která zhoršuje její spolehlivost, případně snižuje její bezpečnost, předpokládanou ekonomickou životnost, užitnou jakost apod. Porucha stavební konstrukce má technické důsledky.

**Škoda** je materiální nebo sociální důsledek realizace nebezpečí, je to náhodná veličina. Její velikost závisí na scénáři nebezpečí, který se mění v průběhu času a v závislosti na umístění vyšetřovaného objektu či procesu. Podle občanského práva je škoda chápána jako újma způsobená v majetkové oblasti poškozeného, kterou lze objektivně vyjádřit v penězích. Dělí se na škodu skutečnou a na ušlý majetkový prospěch. Platí zásada, že škoda se má hradit uvedením v předešlý stav (například opravou poškozené věci) a teprve, není-li to možné nebo účelné, v penězích. Při určení výše škody se vychází z ceny, jakou měla věc v době poškození. V trestním právu výše škody způsobené trestným činem nebo přečinem spoluurčuje stupeň nebezpečnosti činu pro společnost. Pojem škoda je zejména frekventovaným pojmem právním. Nejde tedy o nejistotu, nebezpečí, popř. riziko újmy nebo ztráty, ale o újmu či ztrátu, která již nastala nebo s jistotou nastane.

**Vada** je nedostatek na jednotce vzhledem k určitému znaku ve srovnání s původním požadavkem, nebo nedostatek na určitém objektu nebo procesu, vzhledem k původním požadavkům. Je důsledkem nesplnění požadavku ve vztahu k zamýšlenému nebo specifikovanému použití. Nesplněním požadavku vzniká neshoda<sup>2</sup>

Vady věci jsou takové nedostatky věci, s nimiž spojuje právní řád určité právní následky. Může jít o vady právní nebo o vady faktické. Právní vada vzniká tam, kde na věci náležející určitému vlastníku vázne právo třetí osoby. Za faktickou vadu se považuje skutečnost, že věc nemá vlastnosti jaké jinak obvykle má mít, případně jaké byly mezi účastníky daného právního vztahu dohodnuty, či jaké podpůrně či závazně stanoví zákon. Obvyklým právním následkem vady věci je odpovědnost za vady věci v občanském a obchodním právu (příslušnou úpravu obsahuje občanský a obchodní zákoník). Vady věci se rozdělují na vady odstranitelné nebo neodstranitelné (podle toho má kupující či objednatel právo na bezplatné odstranění vady, na výměnu věci, na přiměřenou slevu z ceny, nebo na odstoupení od smlouvy), nebo na vady zjevné a skryté, které se objeví až po delší době. Odpovědnost za vady věci nevylučuje odpovědnost za škodu, způsobenou v důsledku vady věci a nárok na smluvní pokutu. Práva z odpovědnosti za vady věci, pro které platí záruční doba, zaniknou, nebyla-li uplatněna v záruční době.

**Vada konstrukce** je nedostatek konstrukce, způsobený chybným návrhem nebo provedením. Vada konstrukce má technické i právní důsledky.

---

<sup>2</sup> Rozdíl mezi pojmy vada a neshoda je důležitý z hlediska právního významu, zejména ve vztahu k záležitostem týkajícím se odpovědnosti za produkt (ČSN EN ISO 9000/01 0300/:2001).

## 3.2 Rozhodnutí o vhodnosti sanace

Zadavatelem může být stanoven úkol poskytnout technický podklad pro rozhodnutí o vhodnosti sanace skupiny objektů a současně vytipovat objekty, u kterých sanace není ekonomicky odůvodnitelná. Technický podklad je zde zvýrazněn proto, že otázka „vhodnosti“ sanace se stává nejen částečně filozofickou otázkou, ale především je zatížena subjektivním hlediskem s výjimkou technicky přesně definovatelných parametrů a těmi mohou být například laboratorní zkoušky mechanicko fyzikálních vlastností materiálů a následný statický výpočet s návazným ekonomickým vyčíslením nákladů. Zde končí technické rozhodování a nastupuje subjektivní pohled na věc.

Víme, že technicky možná sanace je v dnešní době pojem opravdu filozofický, neboť technicky je dnes možné sanovat prakticky úplně všechno, jakoukoli konstrukci, v jakýchkoli podmínkách a jakémkoli stavu. Vhodnost sanace je pak otázkou jakési „ceny“ stavby nebo konstrukce a to například ceny historické. Pak ovšem uvádíme, že cena historického díla je nevyčíslitelná a ani v tomto ohledu nemáme k dispozici žádné vodítko. U běžných staveb (ale i u staveb památkově chráněných mající nevyčíslitelnou hodnotu) jsme schopni sanaci (vlastní technicky popsatelný proces sanace) vyjádřit ekonomicky a to ve finančním objemu potřebném k provedení sanace. Toto známe jako pojem „ekonomicky přijatelné náklady“, nebo „ekonomicky odůvodnitelné náklady“. Ovšem i zde se jedná o pojem do značné míry relativní, neboť „ekonomicky přijatelný“ náklad je opět subjektivní pojem. Pro fandu (architekta – památkáře) je tato hladina zcela a mnohdy řádově jiná, než pro majitele staré rozpadající se usedlosti, který na místě staré stavby hodlá vybudovat zcela něco jiného a moderního.

V tomto případě můžeme použít metodu, kterou všichni vlastně důvěrně známe a v každodenním rozhodování používáme v té nejjednodušší formě. V tomto se jedná o 100% subjektivní pohled. Například při přecházení rušné městské komunikace zvažujeme, zda automobily v obou směrech jedou tak rychle, že stihneme přeběhnout na protější chodník, zda uprostřed nezakopneme a nespádneme pod blížící se automobil, zda podpatky obuvi neuvíznou v mezeře mezi kostkami dlažby, zda nám nespádnou brýle, pro které se budeme muset vrátit, zda... a mnoho dalších vlivů které více či méně mohou připadnout do úvahy v případě rozhodování se, zda přeběhnout na protější stranu.

### 3.2.1 Metoda „Univerzální matice rizikové analýzy“

Metoda Univerzální matice rizikové analýzy je založena na principu srovnávací logicko-numerické analýzy hodnocení stupně (závažnosti) nebezpečí pro předmětný řešený problém (projekt nebo jeho dílčí část) týmem expertů. Tým expertů hodnotí identifikovanou část problému (projektu), který je vytyčen určitým nebezpečím – rizikem. Počet částí problému hodnocených týmem expertů je libovolná, přičemž různé (nebo i totožné) části mohou být nezávisle řešeny různými expertními týmy s různým počtem expertů.



Vývojový diagram 2: Týmy expertů

Cílem této expertní rizikové metody je s co největší přesností<sup>3</sup> poskytnout informaci o zdroji nebezpečí v návaznosti na důsledky jeho vzniku a předpokládané míře jeho výskytu, což přímo sou-

<sup>3</sup> Praktické zkušenosti ukazují, že širší tým expertů (složený z odborníků různých profesí) hodnotí předmětnou skutečnost zákonitě vždy z pohledu své profese. Je tedy nebezpečí, že expert má kritický pohled jen na problematiku, která je mu blízká a navazující problematiku nedoceňuje. Z tohoto důvodu autor preferuje hodnocení „po specializacích“ (například samostatné hodnocení staticko-konstrukční části stavby), jak je uvedeno níže.

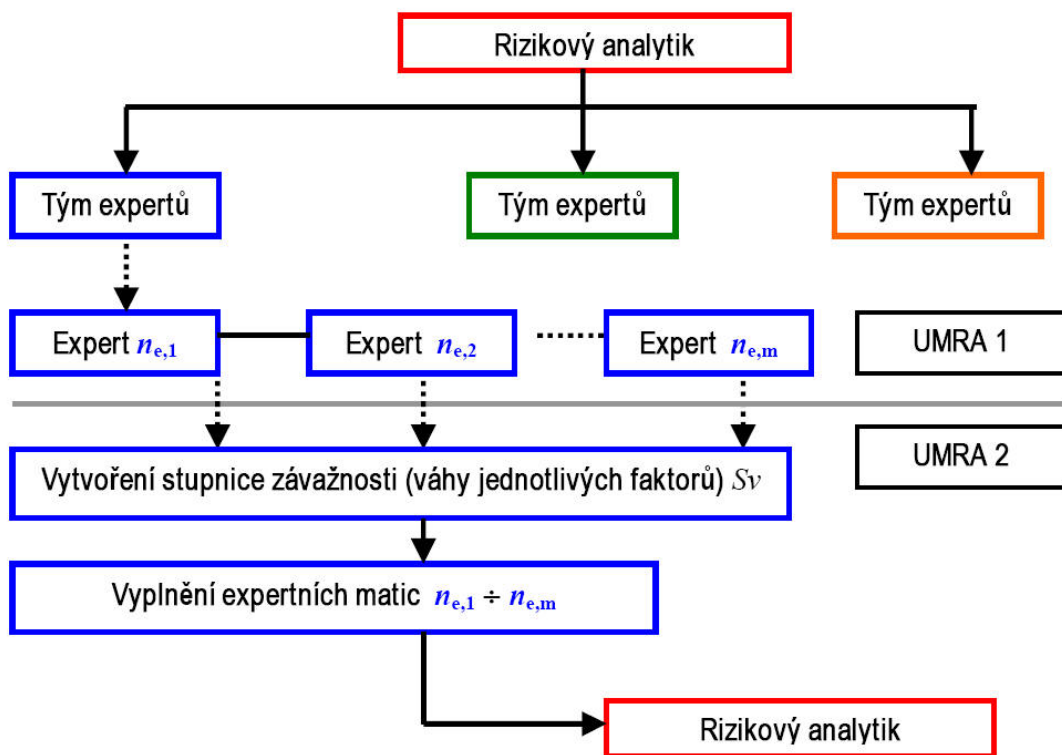
visí s ekonomickými ukazateli – v případě stavby s investičními náklady nebo finančními náklady na rekonstrukci (sanaci) objektu. Názorně je situaci možno zobrazit jako schéma (*Vývojový diagram 2*).

Základem je tedy „tým expertů“ vedený rizikovým analytikem, případně několik týmů expertů na různé nebo shodné oblasti dané problematiky.

Tým expertů má několik členů, jejich počet je libovolný dle závažnosti posuzované problematiky. Nejjednodušší varianta je, kdy tým expertů je složen z jediné osoby, která je současně rizikovým analytikem (jak je popsáno výše v případě, kdy se osoba rozhoduje zda přejít komunikaci...).

Práce je rozdělena do dvou navazujících etap (*Vývojový diagram 3*). Tyto jsou nazvány jako UMRA.1 a UMRA.2. V první fázi (UMRA.1) se rizikový analytik seznámí s projektem, který má řídit a pro který má být provedena analýza rizika na základě definovaného aspektu (kvalitativně definovaného a vymezeného pohledu na projekt). Tímto aspektem může být například „statická způsobilost posuzovaných objektů“.

Dále rizikový analytik seznámí experty expertního týmu s podstatou metody a úkolem metody v rizikové analýze, neboť experti jsou odborníci ve své profesi (v daném aspektu) neznají podrobnosti hodnocení rizik. Osobou znalou je v tomto případě rizikový analytik. Experty je tedy nutno seznámit s minimem informací, což je význam segmentů projektu zvoleného aspektu včetně zásad členění, význam zdrojů nebezpečí včetně zásad členění nebezpečí a zejména pak se způsobem vyplňování formuláře. Můžeme jej zjednodušeně přirovnat k odbornému dotazníku. Otázky vyhodnocování jsou výhradně věcí rizikového analytika, úkolem experta je vyplnění formuláře.



**Vývojový diagram 3:** Práce týmu expertů při rizikové analýze

Segmenty projektu ( $a_i$ ,  $i=1, \dots, n_a$ ) mohou být na sobě existenčně nebo sekvenčně závislé, nemohou být závislé fyzikálně. Nesmí obsahovat další segmenty a nečlení se na další dílčí segmenty [1].

Naopak zdroje ( $b_j$ ,  $j=1, \dots, n_b$ ) mohou být vzájemně na sobě závislé pouze existenčně a podobně jako segmenty se nečlení na dílčí zdroje a nesmí osahovat jiné zdroje [1].

Rizikový analytik nechá tým expertů připomínkovat formulář UMRA (doplnění o další segmenty nebo zdroje, případně zjednodušení vypuštěním některých segmentů nebo zdrojů) a vyhotoví finální verzi formuláře UMRA. Připomínkové řízení může výjimečně mít i několik opakování.

Tímto krokem je ukončena první fáze (UMRA.1) analýzy rizika, kterou nazýváme „identifikace ohrožených segmentů a identifikace zdrojů nebezpečí“ [1].

Máme tedy definované segmenty (části hodnocené konstrukce nebo části hodnoceného projektu) i aspekty (to je jednotlivé fáze stavebního procesu ve kterých by mohlo dojít ke zvýšenému výskytu rizika, poruchy a následně kolapsu či ekonomicky neúměrné ztrátě).

**Tabulka 1:** Návrh formuláře UMRA

Projekt	Obytné domy – Nová Osada, Ostrava								
Aspekt	Statická způsobilost spodní stavby objektu								
Segmenty projektu	Zdroje nebezpečí								
	Stav- tech. průzkum	Statický vý- počet	PD sanace	Náhradní bydlení	Dodavatelé stav. prací	Technický dozor	Realizace izolací	Realizace nosných kcí	Dokonč. práce
Deska stropu nad 1.PP mezi trámy	$c_{1,1}$	$c_{1,2}$	$c_{1,3}$	$c_{1,4}$					$c_{1,9}$
Deska stropu nad 1.PP ve vetknutí	$c_{2,1}$	$c_{2,2}$							$c_{2,9}$
Trámy stropu nad 1.PP									
Věnc a vetknutí desky									
Betonové stěny suterénu									
Komínová tělesa v suterénu									
Omítky stěn v suterénu									
Podlaha 1.PP (mazanina)	$c_{8,1}$	$c_{8,2}$							
Okenní otvory (sklepní okna)									
Izolace suterénu (vodor. a svislé)									
Expert:	<i>Jméno experta</i>			Datum:			<i>Datum posouzení</i>		

Riziková analýza pokračuje druhou fází (UMRA.2). Prvním krokem druhé fáze je úprava stupnice závažnosti nebezpečí (Tabulka 2). Způsob vyplnění expertního formuláře (Tabulka 1) pak pokračuje jednotlivými experty expertního týmu podle těchto pravidel s tím, že buňka zůstane prázdná a nebo bude vyplněna:

- ❶ expert nedokáže nebezpečí korektně hodnotit  $\Rightarrow$  prázdná buňka  $c_{i,j}$
- ❷ současný souběh segmentu  $\times$  zdroje není logicky možný  $\Rightarrow$  prázdná buňka  $c_{i,j}$
- ❸ současný souběh segmentu  $\times$  zdroje je možný  $\Rightarrow$  buňka  $c_{i,j}$  obsahuje hodnotu  $S_v$  viz (Tabulka 2)

Toto hodnocení je třístupňové. Expert prvořadě posoudí, zda je vůbec schopen zaujmout k buňce  $c_{i,j}$  (Tabulka 1) nějaké stanovisko. Ve druhé fázi expert kvalifikovaně rozhodne, zda je výskyt nebezpečí možný, to znamená, zda v buňce  $c_{i,j}$  je reálný souběh segmentu a zdroje. Třetí fáze je kvan-

titativní odhad závažnosti nebezpečí  $S_v$ , to znamená, že buňka  $c_{ij}$  obsahuje hodnotu  $S_v$ . Vyplněný formulář (*Tabulka 2*) tvoří expertní matici hodnot  $S_v^E$ .

**Tabulka 2:** Stupnice závažnosti nebezpečí UMRA [1]

Nebezpečí	Realizace nebezpečí	Stupeň závažnosti $S_v$
nepatrné	Nevyžaduje prakticky žádná opatření, nemá vliv na ceny, lhůty, lze ji zanedbat, přehlédnout	0
malé	Nepodstatný vliv na cenu nebo lhůtu, nevyžaduje více než běžnou opravu (objektu, nebo procesu)	1
střední	Vyžaduje zvýšené náklady na odstranění následků (vícenáklady a nebo z rozpočtové rezervy projektu), nemá vliv na lhůtu, zpravidla bez sankčních opatření (smluvních pokut a podobně)	2
velké	Vyžaduje zásadní změnu projektu, vysoké náklady na sanaci nebo změnu technologických postupů nebo lhůtu projektu. Směřuje k uplatnění smluvních pokut a náhrady škody. Může mít za následek „ztrátu důvěry v organizaci“.	3

Expert  $k$  ( $k=1, \dots, n_e$ ) vyplnil tedy expertní matici do buněk  $c_{ijk}$ , které tvoří stohy  $C_{ij}$  hodnot  $S_{v_{ijk}}^E$ . Některé hodnoty mohou být, jak je výše uvedeno, nespecifikované (prázdná buňka). Pro každého experta lze stanovit (vypočítat) „individuální součinitel vnímání nebezpečí“

$$Pc_k = \frac{\sum_{ij} S_{v_{ijk}}^E}{S_{v_{\max}} \cdot n_{act,k}^E} \quad (1)$$

$S_{v_{\max}}$  maximální hodnota závažnosti nebezpečí (*Tabulka 2*) -  $S_{v_{\max}} = 3$ )

$\overline{\sum}$  symbol označuje skutečnost, že se neuplatní prázdné buňky expertní matice (<null>).

Pro experta  $k=1$  (*Tabulka 3*) pak vychází z expertní matice (s deseti řádky a devíti sloupci, to je s 90-ti hodnotami) součet závažností:

$$\overline{\sum}_{ij} c_{ijk} = \overline{\sum}_{10,9} c_{10,9,1} = 112$$

Patnáct buněk z devadesáti zůstalo nevyplněno (<null>), 75 buněk má reálnou číselnou hodnotu  $S_v$  v rozmezí jak uvádí *Tabulka 2*:

$$n_{act,k}^E = n_{act,1}^E = 75$$

Pro experta číslo 1 je podle vztahu (1) individuální součinitel vnímání nebezpečí:

$$Pc_k = \frac{\sum_{ij} S_{v_{ijk}}^E}{S_{v_{\max}} \cdot n_{act,k}^E} = \frac{112}{3 \cdot (90 - 15)} = 0,498$$

Pokud expert provede analýzu pro několik srovnatelných projektů (například několik shodných objektů), je možno pro daného experta sestavit pořadí projektů (objektů) a stanovit tak v případě hodnocení stávajících objektů pořadí podle zachovalosti, náročnosti opravy, nebo statického či tavebně technického stavu.

Optimální je vyhodnocení týmu expertů pro hodnocené projekty (objekty), čímž dostaneme podstatně objektivnější hodnocení a tedy i pořadí dle zvolených segmentů a aspektů. Větší tým expertů eliminuje subjektivní náhled jednotlivých členů expertního týmu, který hodnocení provádí.

**Tabulka 3:** Příklad vyplněného formuláře UMRA (expert č. 1)

Projekt Aspekt	Obytné domy – Nová Osada, Ostrava								
	Statická způsobilost spodní stavby objektu								
	Zdroje nebezpečí								
	Stav-tech. Průzkum	Statický vý- počet	PD sanace	Náhradní bydlení	Dodavatelé stav. prací	Technický dozor	Realizace izolací	Realizace nosných kci	Dokonč. práce
Deska stropu nad 1.PP mezi trámy	0	0	1	2	2	1	<null>	2	1
Deska stropu nad 1.PP ve vetknutí	1	0	1	2	2	1	<null>	2	1
Trámy stropu nad 1.PP	1	0	1	2	2	1	<null>	2	1
Věnc a vetknutí desky	2	1	1	1	3	1	<null>	2	2
Betonové stěny suterénu	2	1	2	3	3	2	3	3	2
Komínová tělesa v suterénu	3	<null>	2	2	2	1	<null>	2	2
Omítky stěn v suterénu	0	<null>	0	0	0	0	<null>	<null>	1
Podlaha 1.PP (mazanina)	1	<null>	1	1	1	1	2	<null>	2
Okenní otvory (sklepní okna)	1	0	1	1	2	1	<null>	<null>	3
Izolace suterénu (vodor. a svislé)	3	<null>	2	0	3	2	3	<null>	3
Expert:	<i>Jméno experta</i>				Datum:			<i>Datum posouzení</i>	

**Tabulka 4:** součinitele vnímání nebezpečí

veličina	tým	expert			
		1	2	3	4
Součet $S_v^E$	485	112	111	134	128
Počet aktivních buněk	298	75	71	77	75
Maximální možné hodnocení	894	225	213	231	225
$P_{c_t}$	0,543				
$P_{c_k}$		0,498	0,521	0,580	0,569
$P_{c_t}/P_{c_k}$		1,090	1,042	0,936	0,954

Vyhodnocení v případě, že expertní tým se skládá z více jak jednoho experta ( $k > 1$ ) může vypadat (pro  $k = 4$ ) například následovně:

Vnímání nebezpečí bylo nejnižší u experta  $k = 1$  a nejvyšší u experta  $k = 3$ . Analogicky jako individuální součinitel vnímání nebezpečí lze stanovit „týmový součinitel vnímání nebezpečí“ pro stanovení součinitele expertního týmu.



$$Pc_t = \frac{\sum_{ijk} Sv_{ijk}^E}{Sv_{\max} \cdot N_{act}^E} \quad (2)$$

Přičemž:

$$N_{act} = \sum_k n_{act,k}^E \quad (3)$$

Podle jednotlivých uvedených výsledků  $Pc_k$  (Tabulka 4) se sestaví například pořadí sanovaných objektů, ze kterého vyplývá který z objektů je nejvhodnější pro sanaci a který z nich je určen k demolici. Pokud uvedené výsledky nepostačují, lze provést další analýzu [1] získaných výsledků a nebo provést srovnání některou z dalších metod, například SAFMEA (Statistická vícekritériální analýza způsobů a následků poruch) [1].

### 3.2.2 Praktický postup

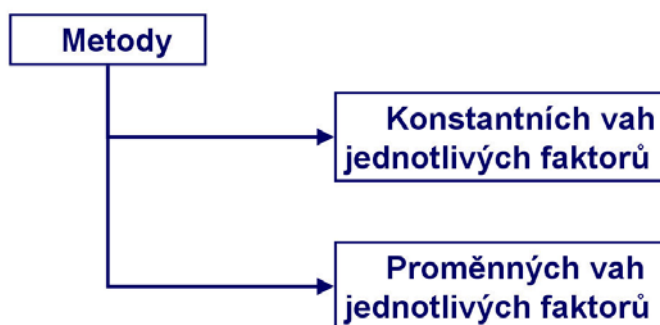


**Obrázek 1:** Celkový pohled na bytový dům Slezská Ostrava, Střemovka 21/1438

V praktickém případě bylo provedeno hodnocení stávajících objektů s tím, že byly vybrány převážně kritéria se shodným stupněm závažnosti  $Sv$ , tedy se stejnou vahou různých kritérií.

Objekty byly podrobeny vizuálnímu posouzení v rámci prohlídky na místě samém. Jednalo se o shodné objekty (na obrázku 1). Hodnocení je provedeno bodově.

Vizuálně je posuzován každý z 21 obytných domů. Posuzovány jsou zejména znaky související se statickou způsobilostí domu se zvláštním zřetelem na nosné stěny 1.PP. Celkové hodnocení bez respektování váhy jednotlivých faktorů je dále uvedeno.



**Vývojový diagram 4:** Metody

### 3.3 Řešený případ

Některé z úkolů, které mají stanovit pořadí objektů podle stupně znehodnocení (kvality objektu) jsou velmi dobře „řešitelné“ metodami rizikové analýzy (Vývojový diagram 4) a to jak metodou pracující se stejnými, tedy konstantními váhami posuzovaných faktorů (UMRA), tak metodou pracující s nestejnými, tedy proměnnými váhami posuzovaných faktorů (FMEA).

Pro tyto případy jednotlivého řešení dílčích částí objektu metodou pracující se stejnými, tedy konstantními váhami posuzovaných faktorů (UMRA), případně vybraných konstrukcí je možno namísto vytvoření *Matice rizikové analýzy (Tabulka 1)*, tak jak byla uvedena - vztah (4), vytvořit řádkovou nebo sloupcovou matici, tedy použít vektorů.

$$M_{Sv} \equiv (c_{i,k}) = \begin{pmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & c_{1,3} & c_{1,n} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & c_{2,3} & c_{2,n} \\ c_{3,1} & c_{3,2} & c_{3,3} & c_{3,n} \\ c_{m,1} & c_{m,2} & c_{m,3} & c_{m,n} \end{pmatrix} \quad (4)$$

V tomto případě je definován zápis pomocí řádkové matice pro určitý segment - vztah (5) (segment 1) sestávající z  $n$  zdrojů nebezpečí.

$$Sg_1 \equiv (c_1 \quad c_2 \quad c_3 \quad c_n) \quad (5)$$

Segmentem může být konečný celek (ucelený soubor) konstrukcí se shodnou mírou závažnosti na následných poruchách, to je hodnocená část objektu a zdrojem nebezpečí pak jednotlivé dílčí části konstrukce.

Matici (4) pak jsme schopni lépe sestavit pro jeden hodnocený objekt, kdy počet segmentů odpovídá počtu expertů. Zdroje nebezpečí pak jsou dány jednotlivými částmi konstrukce.

Vyhodnocení pak provedeme jak pro řádkové matice (5), čímž obdržíme údaje o individuálním vnímání nebezpečí, tak pro celou matici  $M_{Sv}$  (4).

Pro experta číslo 1 je podle vztahu (1) individuální součinitel vnímání nebezpečí vypočítán z prvního řádku matice (4), tedy z řádkové matice podle vztahu (5), pro druhého experta ze druhého řádku a  $m$ -tý expert z  $m$ -tého řádku matice  $M_{Sv}$  (4).

Současně z celé matice  $M_{Sv}$  (4) obdržíme údaje kompletního expertního týmu  $Pc_t$  dle vztahu (2) a násl., to znamená například hodnocení souboru objektů ze zvoleného hlediska (dle zvolených zdrojů nebezpečí).

#### 3.3.1 Hodnocení objektů metodou UMRA

Toto hodnocení je provedeno na modelovém příkladu. Úkolem pro 4 experty je sestavit pořadí objektů (Obrázek 1) dle technických kritérií jako podklad pro rozhodnutí o sanaci nejzachovalejších obytných domů a demolici objektů, které jsou technicky opravitelné pouze velmi obtížně.

V tomto případě se jako nejvhodnější jeví použití hodnocení prostřednictvím metody UMRA s tím, že pro jednotlivé objekty bude použito řádkových matic podle vztahu (5). Výsledná matice podle vztahu (4) pak bude sestavena z těchto řádkových matic pro všechny čtyři experty a pro každý z hodnocených objektů.

Hodnocená kritéria je nutno zvolit tak, aby jejich váhy byly vzájemně odpovídající, tedy srovnatelné a výsledky vzájemně porovnatelné.

Navržená a ve fázi UMRA 1 schválená kritéria jsou:

1. Deska stropu nad 1.PP mezi trámy
2. Deska stropu nad 1.PP ve vetknutí (líc trámů a věnce)
3. Trámy stropu nad 1.PP (rozvoj trhlin v tažené části)
4. Věnc z interiéru v místě vetknutí desky
5. Obvodová betonová stěna suterénu (podélná)
6. Štítová betonová stěna

7. Střední nosná betonová stěna v suterénu
8. Komínová tělesa v suterénu
9. Věnce a ostění okenních otvorů z exteriéru
10. Zdivo schodišťového prostoru

**Tabulka 5:** Stupnice závažnosti nebezpečí UMRA pro hodnocení konkrétní lokality Nová Osada

Nebezpečí	Realizace nebezpečí	Stupeň závažnosti $S_v$
nepatrné	Konstrukce je v pořádku, nevyžaduje prakticky žádná opatření, není nutná sanace na zajištění statické bezpečnosti stavby (konstrukce)	0
malé	Konstrukce je takřka v pořádku, bezvadného stavebně technického a statického stavu lze dosáhnout běžnou údržbou a ekonomicky odůvodnitelnými náklady	1
střední	Vyžaduje zvýšené náklady na sanaci, která má zajistit statickou bezpečnost stavby, ekonomické náklady jsou vysoké, na samé hranici ekonomické odůvodnitelnosti	2
velké	Konstrukce je velmi špatném stavebně technickém a statickém stavu, není vyloučen havarijní stav konstrukce. Sanace vyžaduje velmi vysoké náklady na sanaci, tyto jsou ekonomicky neodůvodnitelné a převyšují pravděpodobné náklady nové stavby.	3

Je použita stupnice závažnosti nebezpečí  $S_v$  jak bylo uvedeno (Tabulka 5). Pro každý z objektů a každého experta bude sestavena řádková (sloupcová) matice s 10-ti členy. Segment je tedy nahrazen expertem – výsledná matice 4; 10 bude výsledkem hodnocení 4 expertů.

Prohlídka vlastních objektů (předmětu hodnocení) probíhala společně pro kolektiv čtyř expertů, kteří byli hodnotiteli a tvořili expertní tým. Nezávisle na sobě provedli prohlídku na místě samém u všech objektů zejména v nejvíce exponovaných prostorách 1.S<sup>4</sup> a prohlídku exteriéru. Výjimku tvořil objekt č. 20 - suterén objektu nebyl přístupný.

Každý z expertů vyplnil expertní formulář:

**Tabulka 6:** Vyplněný formulář UMRA pro objekt 1

Projekt	Obytné domy – Nová Osada, Ostrava – objekt č. 1										
Aspekt	Posouzení stavebně konstrukčního a statického stavu objektu										
	Zdroje nebezpečí										
Experti	Deska stropu nad 1.PP mezi trámy	Deska stropu nad 1.PP ve větknutí	Trámy stropu nad 1.PP	Věnc z interiéru v místě větknutí desky	Obvodová betonová stěna suterénu	Štítová betonová stěna	Střední nosná betonová stěna v suterénu	Komínová tělesa v suterénu	Věnce a ostění okenních otvorů z exteriéru	Zdivo schodišťového prostoru	$\Sigma c_{1;10;n}$
Expert 1	1	1	2	1	2	1	2	3	2	0	15
Expert 2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	17
Expert 3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	17
Expert 4	1	1	2	1	2	2	3	3	2	1	18

<sup>4</sup> Dle nové normy 1.S (první suterén), dříve 1.PP

$$\sum_{ij} c_{ijk} = \sum_{1,10} c_{1,10,1} = 15; \sum_{1,10} c_{1,10,2} = 17; \sum_{1,10} c_{1,10,3} = 17; \sum_{1,10} c_{1,10,4} = 18$$

Všechny buňky (10 buněk na řádku) jsou vyplněny - mají reálnou číselnou hodnotu  $Sv$  v rozmezí jak uvádí *Tabulka 2*.  $Sv_{\max} = 3$

$$n_{act,k}^E = n_{act,1}^E = 10; n_{act,2}^E = 10; n_{act,3}^E = 10; n_{act,4}^E = 10$$

Podle vztahu (1) Součinitel vnímání nebezpečí  $Pc_k$  pro každého z expertů je:

$$Pc_1 = \frac{\sum_{1;10} Sv_{1;10;1}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,1}^E} = \frac{15}{3 \cdot (10-0)} = 0,500; \quad Pc_2 = \frac{\sum_{1;10} Sv_{1;10;2}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,2}^E} = \frac{17}{3 \cdot (10-0)} = 0,566;$$

$$Pc_3 = \frac{\sum_{1;10} Sv_{1;10;3}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,3}^E} = \frac{17}{3 \cdot (10-0)} = 0,566; \quad Pc_4 = \frac{\sum_{1;10} Sv_{1;10;4}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,4}^E} = \frac{18}{3 \cdot (10-0)} = 0,600$$

Podle vztahu (2): 
$$Pc_i = \frac{\sum_{ijk} Sv_{ijk}^E}{Sv_{\max} \cdot N_{act}^E} = \frac{15+17+17+18}{3 \cdot (4 \cdot 10)} = 0,558333$$

**Tabulka 7:** Stav objektů

Obj.	Míra znehodnocení	
20	0,5417	54,17%
1	0,5583	55,83%
8	0,5583	55,83%
14	0,5583	55,83%
17	0,5583	55,83%
19	0,5667	56,67%
10	0,575	57,50%
12	0,575	57,50%
18	0,575	57,50%
2	0,5833	58,33%
7	0,5833	58,33%
11	0,5833	58,33%
13	0,5833	58,33%
16	0,5833	58,33%
9	0,5917	59,17%
15	0,5917	59,17%
5	0,6333	63,33%
21	0,6333	63,33%
3	0,6583	65,83%
4	0,6583	65,83%
6	0,6833	68,33%
23	0,7583	75,83%
22	0,775	77,50%

$$1. \text{ expert: } \frac{Pc_t}{Pc_k} \cdot 100 = \frac{Pc_t}{Pc_1} \cdot 100 = \frac{0,558333}{0,5} \cdot 100 = 111,67\%$$

$$2. \text{ expert: } \frac{Pc_t}{Pc_k} \cdot 100 = \frac{Pc_t}{Pc_2} \cdot 100 = \frac{0,558333}{0,566} \cdot 100 = 98,53\%$$

$$3. \text{ expert: } \frac{Pc_t}{Pc_k} \cdot 100 = \frac{Pc_t}{Pc_3} \cdot 100 = \frac{0,558333}{0,566} \cdot 100 = 98,53\%$$

$$4. \text{ expert: } \frac{Pc_t}{Pc_k} \cdot 100 = \frac{Pc_t}{Pc_4} \cdot 100 = \frac{0,558333}{0,6} \cdot 100 = 93,06\%$$

Po vyplnění formulářů bylo přistoupeno ke zpracování získaných stohů hodnot podle zásad vyhodnocení UMRA. Byly vyhodnoceny jak jednotlivé řádky (řádkové matice) jednotlivých expertů pro každý z objektů, tak následně celý objekt. Výsledkem je míra opotřebení nebo míra znehodnocení, tedy hodnota charakterizující aktuální stav objektu k datu prohlídky. Samozřejmě že pokud se vychází ze subjektivního hodnocení, je tato hodnota zatížena chybou, které z tohoto titulu vzniká.

Podle míry znehodnocení stanovené na základě provedené rizikové analýzy bylo sestaveno pořadí objektů podle stavebně technického a statického stavu. V nejlepším „stavu“ je objekt s pořadovým číslem 1, následně 14, 17, 19 atd. Objekty 23 a 22 jsou ve velmi špatném stavebně technickém a statickém stavu, jejich oprava (sanace) je ekonomicky velmi náročná a v současné době nemá z ekonomického pohledu opodstatnění. U těchto objektů je doporučeno zvážit jejich demolici.

Objekt 20 nebyl prohlídce přístupný, a proto jeho zařazení do vyhodnocení není relevantní.

V tomto případě se užití této metody jeví jako velice vhodné a poměrně jednoduché.

### 3.3.2 Hodnocení pravděpodobnostní metodou

Alternativně k výše uvedenému hodnocení bylo provedeno hodnocení pomocí histogramů, tedy podle zásad pravděpodobnosti.

Pro toto pravděpodobnostní hodnocení bylo přirozeně použito shodných vstupních údajů, to znamená individuální hodnocení jednotlivých expertů. Z jednotlivých zdrojů (sloupcových matic) nebezpečí byly vytvořeny histogramy a jejich součinem pak určen výsledný histogram reprezentující každý z hodnocených objektů. Pořadí objektů lze pak určit pro zvolenou pravděpodobnost z těchto výsledných histogramů. Byly zvoleny kvantily: 90%; 95% a 99%.

Tak jako v prvním případě je stanoveno pořadí objektů (*Tabulka 7*) tak i toto pravděpodobnostní vyhodnocení poskytuje možnost sestavit pořadí a to pro různé kvantily (v tomto případě zvolený kvantit 90%; 95% a 99%). Jak se ukázalo, tak toto vyhodnocení je velmi citlivé na hodnocení expertů i rozdělení tohoto hodnocení.

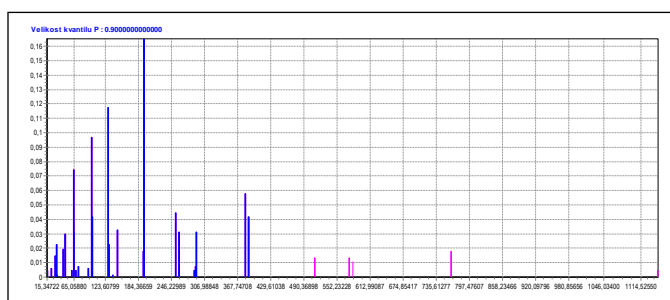
Zatímco při vyhodnocení pomocí prostředků klasické rizikové analýzy podle vztahu (2) obdržíme pro například hodnocení experta s hodnotami (1; 2; 3) a nebo (2; 2; 2), případě (3; 2; 1) naprosto shodný výsledek, tak při pravděpodobnostním vyhodnocení se histogramy těchto hodnocení vzájemně liší.

**Tabulka 8:** Výsledky pravděpo-dobnostního vyhodnocení objektů pro různý kvantil

Číslo objektu	Kvantil 99%	Kvantil 95%	Kvantil 90%
1	382	253	193
2	576	384	288
3	1948	1307	1157
4	1943	1293	868
5	866	578	577
6	2601	1729	1727
7	763	511	387
8	511	382	258
9	764	574	387
10	763	388	382
11	763	511	387
12	764	389	382
13	764	388	291
14	510	382	259
15	1146	764	511
16	1028	576	388
17	510	259	259
18	770	510	388
19	511	382	259
20	---	---	---
21	2308	1539	1145
22	11673	7794	7785
23	11659	7774	5199

Tato odlišnost je pak zřejmá u kvantilů „na konci“ histogramu a v těchto oblastech (90%; 95% a 99%) obdržíme odlišná pořadí objektů.

Číselné hodnoty pro stanovení pořadí objektů je uvedeno v tabulce (*Tabulka 8*) podle všech tří zvolených kvantilů.



**Obrázek 2:** Kvantil 90% - výsledného hodnocení objektu číslo 7

**Tabulka 9:** Srovnání metod použitých pro vyhodnocení objektů

Obj.	zhodnocení	pásmo	Obj.	99%	Obj.	95%	Obj.	90%
1	55,83%	A	1	382	1	253	1	193
8	55,83%	B	14	510	17	259	8	258
14	55,83%		17	510	8	382	14	259
17	55,83%		8	511	14	382	17	259
19	56,67%		19	511	19	382	19	259
10	57,50%		2	576	2	384	2	288
12	57,50%	C	7	763	10	388	13	291
18	57,50%		10	763	13	388	10	382
2	58,33%		11	763	12	389	12	382
7	58,33%		9	764	18	510	7	387
11	58,33%		12	764	7	511	9	387
13	58,33%		13	764	11	511	11	387
16	58,33%		18	770	9	574	16	388
9	59,17%		5	866	16	576	18	388
15	59,17%		16	1028	5	578	15	511
5	63,33%		15	1146	15	764	5	577
21	63,33%	D	4	1943	4	1293	4	868
3	65,83%		3	1948	3	1307	21	1145
4	65,83%		21	2308	21	1539	3	1157
6	68,33%		6	2601	6	1729	6	1727
23	75,83%	E	23	11659	23	7774	23	5199
22	77,50%		22	11673	22	7794	22	7785

### 3.4 Srovnání metod

Srovnáním obou metod je možno dojít k závěru, že:

- Obě metody (jak klasický, tak pravděpodobnostní přístup) jsou využitelné v této oblasti expertního a znaleckého hodnocení objektů a jeho konstrukcí.
- Pravděpodobnostní přístup zohledňuje rozdělení hodnocení, a proto lépe vystihuje expertem stanovené hodnocení tím, že je respektuje ve výsledném kvantitu a tedy jej promítá do pořadí objektů.
- Z uvedeného důvodu lze dovodit domněnku, že význam pravděpodobnostního přístupu bude umocněn vyšším vzorkem dat, tedy jednak množstvím zdrojů nebezpečí, tak dostatečným počtem expertů. Proto bude vhodnější použití pravděpodobnostního přístupu na rozsáhlejších komplexech staveb (konstrukcí).

### 3.5 Víceparametrická hodnocení

Uvedená metoda UMRA pracuje lineárně s parametry stejných vah. Hodnocení provedené touto metodou je v pořádku za předpokladu, že hodnotíme kritéria stejné závažnosti, tedy že jednotlivé segmenty poskytují vzájemně vyváženou informaci o zdroji nebezpečí. Není-li tomu tak, nehodnotíme-li spolu segmenty se stejnou vahou, obdržíme výsledek neodpovídající skutečnosti.

Konstatování lze vysvětlit na příkladu hodnocení stavu konstrukce (Obrázek 1). Hodnotíme-li betonovou stěnu suterénu, konstatujeme její stav hodnocením „0“ ÷ „3“. Hodnocení „3“ je ze statického pohledu alarmující stav. Provedeme-li současně totéž hodnocení pro stav omítky této stěny rovněž stupnicí „0“ ÷ „3“ dostaneme pro hodnocení „3“ zcela degradovanou omítku. Stav zcela degradované omítky však není ze statického pohledu zajímavý, oproti stejně hodnocenému stavu nosné konstrukce zdi. Protože nás zajímá konstrukce objektu pro rozhodnutí z hlediska stavebně technického (statického) stavu jako celku, dle vztahu (1) bychom obdrželi tato hodnocení:

Omítka	1
Stěna	3

$$Pc_k = \frac{\sum_{ij} Sv_{ijk}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,k}^E} = \frac{1+3}{3 \cdot 2} = 0,66$$

Stěna	3
Omítka	1

$$Pc_k = \frac{\sum_{ij} Sv_{ijk}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,k}^E} = \frac{3+1}{3 \cdot 2} = 0,66$$

Výsledek hodnocení u obou příkladů je shodný, ačkoli stav omítky se nijak nepodílí na statické způsobilosti stěny. Proto, pokud nás zajímá jen jakási specifická vlastnost konstrukce, pak tato metoda je dostačující. Ovšem pro celkový pohled na konstrukci je nutné zohlednit váhu, kterou přispívá daný segment svou vahou k celkovému výslednému vnímání nebezpečí. Tedy je nutný další parametr, tzv. váhování kritéria, které odliší podíl (důležitost) hodnocených segmentů na celkovém hodnocení (výsledku).

Tímto víceparametrickým hodnocením docílíme přesnějšího zobrazení několika faktorů současně s různou vahou závažnosti následků nebo četnosti realizace nebezpečí.

Nejjednodušším způsobem lineárního váhování segmentů a tedy určení závažnosti nebezpečí je vyjádření rizika segmentu pomocí indexu priority rizika [1] RPN [*Risk priority numer*].

$$RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \quad (6)$$

$Sv$  = [*severity*] – závažnost nebezpečí (stupeň závažnosti nebezpečí)

$Lk$  = [*likelihood*] – pravděpodobná možnost realizace nebezpečí

$Dt$  = [*detection*] – zjistitelnost nebezpečí, případně poruchy

Použitelnost této metody je dále závislá na odpovědném definování stupnice veličin indexu RPN. Je doporučeno [1] pohybovat se v rozmezí 1 ÷ 3, maximálně 1 ÷ 10 a to shodně pro všechny kritéria hodnocení. Stejně tak dobře lze index priority rizika RPN definovat pomocí dalších rozšiřujících veličin, například:

$$RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \dots \cdot Qu \cdot Fc \quad (7)$$

$Fr$  = [*fear*] – intenzita znepokojení

$Vn$  = [*vulnerability*] - zranitelnost

$Qu$  = [*quotient*] – podíl (podíl významu veličiny)

$Fc$  = [*force*] – význam (určení vážnosti podílu na vzniku nebezpečí)

Tímto způsobem dle vztahu (7) lze s pomocí víceparametrického hodnocení odlišit riziko plynoucí z porušení konstrukce stěna – omítka jako celku tak, jak je uvedeno výše.

Pro případ dobré kvality omítky a špatné kvality betonové zdi je riziko poruchy

pro stěnu:  $RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \cdot Qu \cdot Fc = 6 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 6 = 77760$

a pro omítku:  $RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \cdot Qu \cdot Fc = 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 = 16$



Pro případ dobré špatné omítky a dobré kvality betonové zdi je riziko poruchy  
pro stěnu:  $RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \cdot Qu \cdot Fc = 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 6 = 2592$   
a pro omítku:  $RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \cdot Qu \cdot Fc = 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 32$

**Tabulka 10:** Příklad stupnice jednotlivých členů hodnocení indexu RPN

Hodnocení							
Sv	Lk	Dt	Fr	Vn	Qu	Fc	body
Žádné	Žádná	Zcela zřejmé	Žádná	Žádná	Žádný		1
Nepodstatné	Nepodstatná	Jednoduše zjistitelné	Nepodstatná	Nepodstatná	Nepodstatný		2
Nezanedbatelné	Nezanedbatelná	zjistitelné	Nezanedbatelná	Nezanedbatelná	Nezanedbatelný		3
Reálné	Reálná	Obtížně zjistitelné	Reálná	Reálná	Reálný		4
Vysoké	Vysoká	Těžce zjistitelné	Vysoká	Vysoká	Vysoký		5
Velmi vysoké	Velmi vysoká	nezjistitelné	Velmi vysoká	Velmi vysoká	Velmi vysoký		6

Z pohledu na konstrukci jako celek vyplývá, že vliv stavu omítek na celkové riziko poruchy v porovnání se stavem vlastní nosné betonové konstrukce je nesrovnatelný a pohybuje se v rozmezí 0,02% až 1,23%. Je skutečností, že stav omítek nemá prakticky žádný význam při hodnocení stavu konstrukce z pohledu statiky k určení stavebně technického a statického stavu objektu.

Vyhodnocení můžeme dále realizovat například metodou FMEA [*Failure Mode and Effect Analysis*] nebo uvedenou pravděpodobnostní metodou PDPV [2], [3], [4], [5], [6].

## PODĚKOVÁNÍ

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

## LITERATURA

- [1] TICHÝ M., Ovládání rizika, analýza a management, Beckova edice ekonomie, C.H.Beck v Praze 2006, první vydání, ISBN: 80-7179-415-5.
- [2] JANAS, P., KREJSA, M., 2004 „Přímý determinovaný pravděpodobnostní výpočet a jeho využití při posuzování spolehlivosti konstrukcí“, sborník příspěvků I. celostátní konference „Pravděpodobnost porušování konstrukcí“, Ed. Novák, D., Vejvoda, S., str.97 až 106, FAST VUT v Brně, ISBN: 80-214-2718-3.
- [3] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V., 2006 ‘Optimalizace výpočtu v programovém systému ProbCalc’, sborník příspěvků mezinárodní konference „Modelování v mechanice“, str. 47 a 48 (plné znění na příloženém CD), ISBN: 80-248-1035-2.
- [4] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V., 2005 ‘Aplikace přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu v programu ProbCalc’, sborník abstraktů VII. konference s mezinárodní účastí „Staticko-konstrukční a stavebno-fyzikální problémy stavebních konstrukcí“, str. 31 a 32 (2 strany), ISBN 80-7099-742-7 (CD s příspěvky, ISBN 80-8073-404-6).
- [5] JANAS, P., KREJSA, M., 2002 *Simulace spolehlivosti konstrukcí přímým pravděpodobnostním výpočtem*, International conference: „New trends in statics and dynamics of buildings, Slovak university of technology in Bratislava, Faculty of civil engineering, edited by J.Králik, ISBN 80-227-1790-8.
- [6] KRÁLIK, J., 2005 ‘Probability Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Containment Integrity Considering Degradation Effects and High Internal Overpressure’, sborník mezinárodní konference VSU’2005, Sofia, Bulharsko, str. 153 až 158 (6 stran), ISBN 954-331-003-3.

- [7] KUBEČKA, K., *Rizika staveb, příčiny vzniku poruch, důsledky poruch a způsob hodnocení*, VŠB-TU Ostrava, vědecké publikace Fakulty stavební, Edice Doktorské disertační, habilitační a inaugurační spisy, ISSN: 1213-7456, ISBN: 978-80-248-1800-9, Ostrava 2008.
- [8] KUBEČKA, K. *Rizika staveb - Rozdělení rizik ve stavebním procesu a vliv na škody a vady staveb*. Dílčí výzkumná zpráva za rok 2005. Centre for integrated Design of advanced structures. VŠB-TU Ostrava, FAST, 15.1.2006.
- [9] KUBEČKA, K., JONOV, D., KREJSA, M., *Technická rizika staveb – kategorizace potenciálních rizik – dílčí výzkumná zpráva za rok 2007*, CIDEAS – Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí, FAST VŠB TU Ostrava 15.1.2008, ISBN 80-01-03487-9.
- [10] SKULINOVÁ, D.: *Vady a poruchy panelových domů*, VŠB-TUO, FAST, 2002
- [11] SKULINOVÁ, D.: *Stavebně technické posouzení panelových bytových domů řady T02B, T03B, VOS, BP-70-OS*, VŠB-TUO, FAST, 2001, 2002, 2003
- [12] KUBEČKA, K. *Technická rizika staveb – vytvoření seznamu všech potencionálních rizik staveb*. Dílčí výzkumná zpráva za rok 2006. Centre for integrated Design of advanced structures. VŠB-TU Ostrava, FAST, 15.1.2007.
- [13] JEŽÍK A.: TaZUS Brno, *Vady a poruchy staveb a zvyšování jakosti ve stavebnictví*, časopis Pozemní stavby 5/1986.
- [14] <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/100524-skoda>
- [15] <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/31757-cena>

**Oponentní posudek vypracoval:** Ing. Vladislav Varmuža